

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-016851

(43)Date of publication of application : 22.01.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/268

G02B 3/06

G02B 13/00

(21)Application number : 09-163147

(71)Applicant : SUMITOMO HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 19.06.1997

(72)Inventor : YAMAZAKI KAZUNORI
HAMADA SHIRO

(54) BEAM HOMOGENIZER AND DEPOSITION OF THIN SEMICONDUCTOR FILM EMPLOYING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the traces of laser irradiation from being left clearly by an arrangement wherein a cylindrical lens directs each optical axis in parallel with the z-axis, directs the generatrix of the cylindrical surface in parallel with the x-axis and arranges them along an imaginary plane which is in parallel with the xy plane thus converging a beam flux transmitted through a cylinder array having a positive spherical aberration.

SOLUTION: Each cylindrical lens has an optical axis extending in parallel with the z-axis while the generatrix of the cylindrical surface extends in parallel with the x-axis and they are arranged along an imaginary plane which is in parallel with the xy plane. A cylinder array 1A comprises a convex cylindrical lens while a cylinder array 1B comprises a concave cylindrical lens and they are combined to constitute a lens system having a positive spherical aberration. A parallel beam flux 10 having an optical axis extending in parallel with the z-axis impinges on the cylinder array 1A and a beam flux 12 transmitting through the cylinder arrays 1A, 1B impinges on a cylinder array 2B. Each beam flux 13 converged through a cylinder array 2A is further converged through a cylinder array 2B to produce a beam flux 14.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3484481

[Date of registration] 24.10.2003

[Number of appeal against examiner's decision of

rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

osp 11986
 ① OA 3/89

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-16851

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月22日

(51) IntCl.⁶
 H01L 21/268
 G02B 3/06
 13/00

F I
 H01L 21/268
 G02B 3/06
 13/00

J

審査請求 未請求 請求項の数 9 OL (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-163147

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月19日

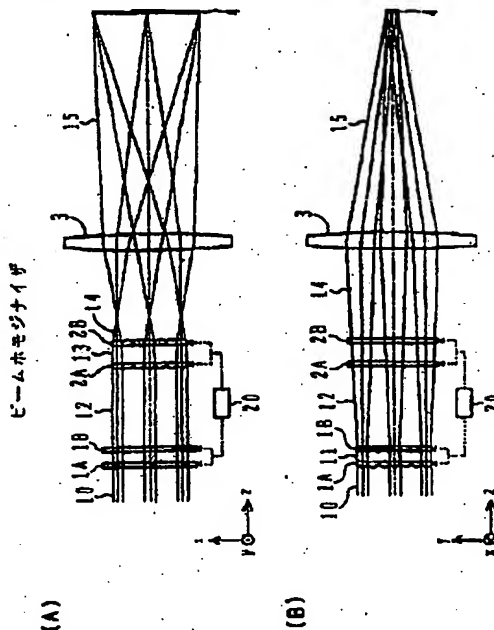
(71) 出願人 000002107
 住友重機械工業株式会社
 東京都品川区北品川五丁目9番11号
 (72) 発明者 山崎 和郎
 神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重
 機械工業株式会社平塚事業所内
 (72) 発明者 浜田 史郎
 神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重
 機械工業株式会社平塚事業所内
 (74) 代理人 弁護士 高橋 敬四郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 ビームホモジナイザ及びそれを用いた半導体薄膜の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 レーザ照射により多結晶半導体薄膜を作製する際に、レーザ照射の痕跡を残しにくいレーザビームを形成可能なビームホモジナイザ、及びそれを用いた半導体薄膜の作製方法を提供する。

【解決手段】 $x-y-z$ 直交座標系を考えたとき、複数の第1のシリンドリカルレンズが、各々の光軸を z 軸に平行にし、柱面の母線を x 軸に平行にし、かつ $x-y$ 平面に平行な仮想平面に沿って配列した第1のシリンドリカルレンズが構成されている。第1のシリンドリカルレンズの各々の球面収差が正である。第1のシリンドリカルレンズを透過した光線束を収束する収束光学系が配置されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 xyz 直交座標系を考えたとき、複数の第1のシリンドリカルレンズが、各々の光軸を z 軸に平行にし、柱面の母線を x 軸に平行にし、かつ xy 平面に平行な仮想平面に沿って配列し、前記第1のシリンドリカルレンズの各々の球面収差が正になるような第1のシリンダアレイと、

前記第1のシリンダアレイを透過した光線束を収束する収束光学系とを有するビームホモジナイザ、

【請求項2】 さらに、複数の第2のシリンドリカルレンズが、各々の光軸を、対応する前記第1のシリンドリカルレンズの光軸と共通にし、かつ xy 平面に平行な仮想平面に沿って配列し、前記第1及び第2のシリンドリカルレンズを組み合わせたレンズ系の球面収差が正になるような第2のシリンダアレイを有する請求項1に記載のビームホモジナイザ、

【請求項3】 前記第1のシリンドリカルレンズが凹シリンドリカルレンズであり、前記第2のシリンドリカルレンズが凸シリンドリカルレンズである請求項2に記載のビームホモジナイザ、

【請求項4】 さらに、前記第1のシリンダアレイと第2のシリンダアレイとの間隔が変化するように、前記第1及び第2のシリンダアレイの相対位置を変化させる相対位置調節機構を有する請求項2または3に記載のビームホモジナイザ、

【請求項5】 ホモジナイズ面における y 軸方向における光強度分布が、中央部が盛り上がり、かつ半値幅 $W_{0.5}$ とピーク高さの $1/e^2$ をとる幅 W_{1/e^2} との比 $W_{0.5}/W_{1/e^2}$ が0.7以上となるように、前記第1のシリンドリカルレンズの各々の球面収差が決められている請求項1に記載のビームホモジナイザ、

【請求項6】 ホモジナイズ面における y 軸方向における光強度分布が、中央部が盛り上がり、かつ半値幅 $W_{0.5}$ とピーク高さの $1/e^2$ をとる幅 W_{1/e^2} との比 $W_{0.5}/W_{1/e^2}$ が0.7以上となるように、前記第1及び第2のシリンドリカルレンズを組み合わせたレンズ系の球面収差が決められている請求項2～4のいずれかに記載のビームホモジナイザ、

【請求項7】 表面に半導体薄膜を有する処理対象物の表面が、請求項1～6のいずれかに記載のビームホモジナイザのホモジナイズ面に一致するように該処理対象物を配置する工程と、

請求項1～6のいずれかに記載のビームホモジナイザによりホモジナイズされたレーザ光を、前記半導体薄膜に照射して結晶性を変化させる工程とを有する半導体薄膜の製造方法、

【請求項8】 前記結晶性を変化させる工程において、前記半導体薄膜の表面が、前記収束光学系の焦点位置を中心とした焦点深度内に位置するように前記半導体薄膜を配置してレーザ光を照射する請求項7に記載の半導体

薄膜の製造方法、

【請求項9】 前記結晶性を変化させる工程において、前記半導体薄膜の表面が、前記収束光学系の焦点位置を中心とし、光軸方向に関して $\pm 3 \cdot 3 \times \lambda / NA^2$ （ここで λ はレーザ光の波長、 NA はホモジナイザの開口数である。）の範囲内に位置するように前記半導体薄膜を配置してレーザ光を照射する請求項7に記載の半導体薄膜の製造方法、

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光線束の断面内強度分布を制御するビームホモジナイザ、及びそれを用いた半導体薄膜の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】シリンダアレイ型のビームホモジナイザは、前段のシリンダアレイと後段のシリンダアレイ、及びフォーカスレンズにより構成される。各シリンダアレイは、複数の等価な凸シリンドリカルレンズをその光軸及び柱面の母線に垂直な方向に配列して構成される。前段のシリンダアレイの各シリンドリカルレンズの光軸が、後段のシリンダアレイの対応するシリンドリカルレンズの光軸に一致するように配置される。本明細書において、シリンドリカルレンズの光軸とは、そのシリンドリカルレンズの面対称な結像系の対称面に含まれ、かつ柱面に直交する軸を意味するものとする。

【0003】前段のシリンダアレイにその光軸に平行な光線束が入射すると、入射した光線束が各シリンドリカルレンズにより収束される。収束された各光線束が、後段のシリンダアレイの各シリンドリカルレンズにより再度収束される。このようにして、2つのシリンダアレイにより、入射光線束がシリンドリカルレンズの個数分の小光線束に分割される。

【0004】得られた小光線束は、2つのシリンダアレイの相対位置によって、発散光、平行光、または収束光になる。各小光線束をフォーカスレンズ群を用いてある面上に重ね合わせることで、照射領域の光強度分布を均一に近づける（ホモジナイズする）ことができる。

【0005】このビームホモジナイザでホモジナイズされたパルスレーザビームをアモルファスシリコン膜に照射し、多結晶化する技術が知られている。以下、この多結晶化技術について説明する。

【0006】この技術では、通常2対のシリンダアレイが用いられる。ホモジナイズ面内に XY 直交座標系を考えたとき、1対のシリンダアレイにより、ホモジナイズ面内の X 軸方向に関してホモジナイズし、他の1対のシリンダアレイにより Y 軸方向に関してホモジナイズする。各対のシリンダアレイの間隔を変化させることにより、ホモジナイズ面上の照射領域の大きさを変化させることができる。

【0007】各対のシリンダアレイの間隔を調節してホ

モジナイズ面上の照射領域がX軸方向に長い長尺ビームを形成する。この照射領域をレーザ光のパルス的な照射ごとにY軸方向に移動させることによって、広い範囲にレーザ光を照射し、アモルファスシリコン膜の所望の領域を多結晶化することができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来の方法により、アモルファスシリコン膜の多結晶化を行うと、多結晶シリコン膜に照射領域の長軸方向に沿った直線状の痕跡が残る場合がある。

【0009】本発明の目的は、レーザ照射により多結晶半導体薄膜を作製する際に、レーザ照射の痕跡を残しにくいレーザビームを形成可能なビームモジナイザ、及びそれを用いた半導体薄膜の作製方法を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の一観点によると、xyz直交座標系を考えたとき、複数の第1のシリンドリカルレンズが、各々の光軸をz軸に平行にし、柱面の母線をx軸に平行にし、かつxy平面に平行な仮想平面に沿って配列し、前記第1のシリンドリカルレンズの各々の球面収差が正になるような第1のシリンドリカルレイと、前記第1のシリンドリカルレイを透過した光線束を収束する収束光学系とを有するビームモジナイザが提供される。

【0011】球面収差が正になるようなシリンドリカルレンズを用いると、モジナイズ面上における光強度分布の中央部が盛り上がり、裾野部分の面積が小さくなる傾向がある。

【0012】本発明の他の観点によると、表面に半導体薄膜を有する処理対象物の表面が、上記ビームモジナイザのモジナイズ面に一致するように該処理対象物を配置する工程と、上記ビームモジナイザによりモジナイズされたレーザ光を、前記半導体薄膜に照射して結晶性を变化させる工程とを有する半導体薄膜の製造方法が提供される。

【0013】モジナイズ面上における光強度分布の中央部が盛り上がり、裾野部分の面積が小さいビームを照射すると、半導体薄膜にビーム照射の痕跡が残りにくくなる。

【0014】

【発明の実施の形態】アモルファスシリコン膜を多結晶化する場合には、パルスレーザビームをモジナイズすると共に線状のビーム形状にしてアモルファスシリコン膜に照射する。レーザ光のパルス的な照射ごとに、線状の照射領域をその長軸方向と直交する方向に、前回の照射した領域と一部重なるように移動させることにより、広い領域にレーザビームを照射して、所望の領域を多結晶化する。従来、良好な多結晶シリコン膜を得るためには、照射領域の光強度分布のトップフラット率を大きく

することが好ましいと考えられていた。ここで、トップフラット率は、光強度分布の最高値の90%以上の強度を有する部分の幅を $W_{0.9}$ 、半値幅を $W_{0.5}$ としたとき、 $W_{0.9}/W_{0.5}$ で定義される。

【0015】ところが、レーザビーム照射によって多結晶化したシリコン膜の評価を行ったところ、トップフラット率を大きくした場合、多結晶シリコン膜に、レーザ照射領域の長軸方向に沿った痕跡が残ることが判明した。多結晶薄膜を詳細に分析したところ、パルス照射毎の照射領域の移動距離に同期して、結晶粒サイズ、結晶化度、及び表面平滑度が変動していることがわかった。この痕跡は、レーザ照射領域の短軸方向の光強度分布の影響と考えられる。

【0016】図5(A)～(E)は、レーザ照射領域の短軸方向に関する光強度分布の例を示す。図中の横方向の細線は、アモルファスシリコンを多結晶化するために必要なレーザ光の強度のしきい値を示す。図5(A)は、トップフラット率の高い強度分布の例、図5(B)は、中央部分が窪んでいる例、図5(C)は、中央部分が盛り上がり、しきい値以下の部分において強度が急激に低下している例、図5(D)は、図5(C)の裾野の部分が高くなる例、図5(E)は、ガウシアン分布の例を示す。

【0017】図5(A)及び5(B)は、しきい値近傍における光強度分布の傾斜が大きい。このため、レーザ照射時のシリコン薄膜の面内に関する温度勾配が急峻になり、溶融固化の際に多結晶薄膜内にストレス等による欠陥が導入されると考えられる。この欠陥が痕跡となって現れると考えられる。

【0018】図5(C)及び5(D)の場合には、しきい値近傍における光強度分布の傾斜が比較的緩やかである。このため、レーザ照射時のシリコン薄膜の面内に関する温度勾配も緩やかであり、図5(A)、5(B)の場合に比べて欠陥の発生が少ないと考えられる。

【0019】図5(C)と5(D)との相違は、光強度分布の裾野の部分の大きさにある。すなわち、図5(C)の場合は、光強度がしきい値を下回ると勾配が急峻になり、裾野の部分ほとんど形成されない。これに対し、図5(D)の場合は、光強度がしきい値を下回っても勾配は緩やかなままであり、大きな裾野が形成されている。

【0020】光強度がしきい値よりも小さい部分は、シリコン薄膜の多結晶化にほとんど寄与しない。このため、図5(D)の場合は、エネルギーロスが多くなる。レーザ光を有効利用するためには、図5(C)のように裾野の部分の面積を小さくすることが好ましい。

【0021】図5(E)の場合は、しきい値近傍における光強度分布の傾斜が比較的急峻であり、かつ裾野部分の面積も大きい。このため、シリコン薄膜の多結晶化のための光強度分布として好ましいものではない。

【0022】実施例によるビームホモジナイザは、図5 (C) のような光強度分布を得ることが可能なものである。以下、実施例によるビームホモジナイザについて説明する。

【0023】図1は、本発明の実施例によるビームホモジナイザの概略断面図を示す。ビームホモジナイザに入射する光線束の光軸に平行な方向をz軸とするxyz直交座標系を考える。図1 (A) は、xz面に平行な断面図、図1 (B) は、yz面に平行な断面図を示す。実施例によるビームホモジナイザは、シリンダアレイ1A、1B、2A、2B、収束レンズ3、及び相対位置調節機構20を含んで構成される。

【0024】図1 (A) に示すように、シリンダアレイ2A及び2Bの各々は、等価な7本の凸シリンダリカルレンズにより構成される。各シリンダリカルレンズの光軸はz軸に平行であり、柱面の母線はy軸に平行である。このように配置されたシリンダリカルレンズが、コバ面同士を密着させ、xy面に平行な仮想平面に沿って配列している。シリンダアレイ2Aは光の入射側 (図の左方) に配置され、シリンダアレイ2Bは出射側 (図の右方) に配置されている。また、シリンダアレイ2Aの各シリンダリカルレンズは、シリンダアレイ2Bの対応するシリンダリカルレンズと光軸を共有するように配置されている。

【0025】図1 (B) に示すように、シリンダアレイ1Aは、等価な7本の凸シリンダリカルレンズにより構成され、シリンダアレイ1Bは、等価な7本の凹シリンダリカルレンズにより構成される。各シリンダリカルレンズの光軸はz軸に平行であり、柱面の母線はx軸に平行である。このように配置されたシリンダリカルレンズが、コバ面同士を密着させ、xy面に平行な仮想平面に沿って配列している。シリンダアレイ1Aはシリンダアレイ1Bの入射側に配置され、シリンダアレイ1Bはシリンダアレイ2Aの入射側に配置されている。また、シリンダアレイ1Aの各シリンダリカルレンズは、シリンダアレイ1Bの対応するシリンダリカルレンズと光軸を共有するように配置されている。

【0026】シリンダアレイ1Aと1Bとの間隔、及びシリンダアレイ2Aと2Bとの間隔は、相対位置調節機構20により変えることができる。

【0027】シリンダアレイ2Bの出射側に、収束レンズ3が配置されている。収束レンズ3の光軸も、z軸に平行である。

【0028】図1 (A) を参照して、xz面内に関する光線束の伝搬の様子を説明する。xz面内においては、シリンダリカルレンズ1A及び1Bは単なる平板と等価であるため、光線束の収束、発散に影響を与えない。z軸に平行な光軸を有する平行光線束10がシリンダアレイ1Aに入射する。シリンダアレイ1A及び1Bを透過した光線束12がシリンダアレイ2Aに入射する。入射

光線束は、シリンダアレイ2Aにより各シリンダリカルレンズに対応した7つの光線束13に分割される。図1 (A) では、中央と両端の光線束のみを代表して示している。シリンダアレイ2Aによって収束された各光線束13は、シリンダアレイ2Bによりさらに収束され、光線束14となる。

【0029】シリンダアレイ2Bにより収束された各光線束14は、それぞれ収束レンズ3の前方で集光する。この集光位置は、収束レンズ3の入射側焦点よりもレンズに近い。このため、収束レンズ3を透過した各光線束15はそれぞれ発散光線束となり、ホモジナイズ面4 (収束レンズ3の焦平面) 上において重なる。

【0030】ホモジナイズ面4を照射する各光線束15のx軸方向の光強度分布は、それぞれ光線束10の対応する部分の光強度分布と相似の関係にある。光線束10の光強度は、通常、中心近傍において強く、周辺近傍において弱い。この光線束10を小光線束15に分割し、各光線束を重ね合わせることで、照射領域の光強度分布を均一に近づける (ホモジナイズする) ことができる。

【0031】図1 (B) を参照して、yz面内に関する光線束の伝搬の様子を説明する。入射光線束10がシリンダアレイ1Aに入射する。平行光線束10がシリンダアレイ1Aにより各シリンダリカルレンズに対応した7つの光線束11に分割される。各光線束11は、シリンダアレイ1Bに入射する。シリンダアレイ1Bに入射した各光線束は、それぞれ相互に等しいある出射角を持った発散光線束12となり、収束レンズ3に入射する。yz面内においては、シリンダアレイ2A及び2Bは単なる平板と等価であるため、光線束の収束、発散に影響を与えない。

【0032】収束レンズ3を透過した各光線束15はそれぞれ収束光線束となり、ホモジナイズ面4上において重なる。ホモジナイズ面4を照射する各光線束のy軸方向の光強度分布は、図1 (A) の場合と同様に均一に近づく。yz面内に関して各光線束15は収束光線束となるため、ホモジナイズ面4上における照射領域のy軸方向の長さは、x軸方向の長さよりも短くなる。このため、ホモジナイズ面4上の光照射領域は、x軸方向に長く、y軸方向に短い線状の形状を有することになる。

【0033】ホモジナイズ面におけるビーム幅、すなわち光照射領域の幅Wは、収束レンズ3の焦点距離を f_f 、シリンダアレイを構成するシリンダリカルレンズの合成焦点距離を f_c 、シリンダアレイを構成する各シリンダリカルレンズのレンズ幅をdとして、 $W = (f_f / f_c) d$ となる。対応するシリンダアレイの間隔を調節してシリンダアレイの合成焦点距離 f_c を変化させることにより、光照射領域の幅を変化させることができる。

【0034】図1 (A) 及び1 (B) に示すビームホモ

ジナイザの場合には、シリンドラレイ1Aと1Bとの間隔を変えることにより、光照射領域の短軸方向の幅を変化させ、シリンドラレイ2Aと2Bとの間隔を変えることにより、長軸方向の長さを変化させることができる。

【0035】次に、シリンドリカルレンズ系の球面収差を考慮した場合の光強度分布について考察する。

【0036】図2(A)は、図1(B)のシリンドラレイ1Aと1Bの対応する1組のシリンドリカルレンズの断面及び、それを透過する光線束を示す。シリンドラレイ1Aを構成するシリンドリカルレンズ1Aaの入射側の面は、曲率半径48.56mmの凸円柱面であり、出射側の面は平面である。シリンドラレイ1Bを構成するシリンドリカルレンズ1Baの入射側の面は、曲率半径58.28mmの凹円柱面であり、出射側の面は平面である。

【0037】図2(B)は、図2(A)のレンズ系の球面収差を表す。横軸は、球面収差を単位mmで表し、縦軸は最大の光線高に対する相対光線高を表す。図2(B)に示すように、正の球面収差を示している。

【0038】図2(C)は、図2(A)のレンズ系を用いた場合のホモジナイズ面上の光強度分布のシミュレーション結果を示す。横軸は、ホモジナイズ面上における光照射領域の中心からの距離を単位mmで表し、縦軸はレーザ光の強度を相対目盛で表す。なお、レンズ1Aaと1Baとの間隔を12.5mmとした。照射領域の中央部が盛り上がり、裾野部分の少ない図5(C)と近似した好適な分布が得られている。

【0039】図2(A)に示すレンズ系と比較するために、球面収差のほとんどない場合、及び負の球面収差を有する場合について、光強度分布を求めた。

【0040】図3(A)は、球面収差がほとんどないレンズ系の例を示す。入射側の凸シリンドリカルレンズ1Abは、図2(A)に示す凸シリンドリカルレンズ1Aaと同じものであり、出射側の凹シリンドリカルレンズ1Bbは、図2(A)に示す凹シリンドリカルレンズ1Baの向きを逆にしたものである。

【0041】図3(B)は、図3(A)のレンズ系の球面収差を示す。この場合の球面収差は、図2(B)の場合の約1/100である。従来は、トップフラット率を高くするために、レンズ系の球面収差が0になるように設計されていた。

【0042】図3(C)は、図3(A)のレンズ系を用いた場合のホモジナイズ面上の光強度分布を示す。横軸及び縦軸は、図2(C)のそれと同様である。球面収差がほとんどない場合には、図5(A)に示すようなトップフラット率の高い光強度分布が得られる。

【0043】図4(A)は、負の球面収差を有するレンズ系の例を示す。入射側のシリンドリカルレンズ1Ac及び出射側のシリンドリカルレンズ1Bcは、共に凸シリンドリカルレンズである。シリンドリカルレンズ1A

cと1Bcの相互に対向する面は平面であり、その反対側の面は、共に曲率半径37.5mmの凸円柱面である。

【0044】図4(B)は、図4(A)のレンズ系の球面収差を示す。このレンズ系は、負の球面収差を有することがわかる。

【0045】図4(C)は、図4(A)のレンズ系を用いた場合のホモジナイズ面上の光強度分布を示す。横軸及び縦軸は、図2(C)のそれと同様である。レンズ系が負の球面収差を有する場合には、図5(B)に示すような中央部の窪んだ光強度分布が得られる。

【0046】図2~図4の比較から、好適な光強度分布を得るためには、正の球面収差を有するレンズ系を用いればよいと考えられる。なお、より好適な光強度分布を得るためには、最大光線高における球面収差が0.01以上となる構成とすることが好ましい。図1及び図2では、凸シリンドリカルレンズと凹シリンドリカルレンズを組み合わせて正の球面収差を有するレンズ系を構成したが、他の構成としてもよい。例えば、1つの凹シリンドリカルレンズのみで構成してもよいし、少なくとも1つの凹シリンドリカルレンズを含む3種以上のシリンドリカルレンズを用い、3種以上のシリンドラレイで構成してもよい。なお、光照射領域の幅を可変とするためには、2種以上のシリンドリカルレンズで構成することが望ましい。

【0047】本発明の実施例によるビームホモジナイザを用いることにより、図5(C)に示すように、中央部が盛り上がり、裾の部分の少ない強度分布を得ることができる。ただし、シリンドリカルレンズの球面収差を変化させると強度分布の形状も変化し、図5(D)もしくは図5(E)のような強度分布となり得るであろう。そこで、より好ましい強度分布の形状を規定することとする。

【0048】図5(C)の分布を図5(D)及び5(E)の分布と比較したときの特徴的な点は、裾の部分における幅と半値幅との比である。強度分布の半値幅 $W_{0.5}$ とピーク高さの $1/e^2$ となる幅 W_{1/e^2} との比 $W_{0.5}/W_{1/e^2}$ は、ガウシアン分布の場合に約0.6未満である。従って、図5(C)の分布を、中央部が盛り上がり、かつ $W_{0.5}/W_{1/e^2}$ が0.7以上であると規定することができるであろう。

【0049】なお、アモルファス半導体薄膜を従来のホモジナイザのホモジナイズ面(収束レンズの焦平面)からずらして配置することにより、照射領域の光強度分布を図5(C)の分布とすることも可能であろう。ただし、この場合には照射領域の幅が広がってしまう。すなわち、半導体薄膜表面におけるレーザ光のエネルギー密度が低下してしまう。

【0050】本実施例によるビームホモジナイザを用いる場合には、照射領域の幅を広くすることなく、光強度

分布を図5(C)に示す好適な分布とすることが可能になる。この場合には、半導体薄膜表面におけるエネルギー密度が低下しないため、効果的にアモルファス半導体薄膜を多結晶化することができる。なお、照射領域の幅を狭く維持した状態でレーザー光の照射を行うためには、半導体薄膜表面をホモジナイザの収束レンズの焦点を中心とした焦点深度の範囲内に配置することが好ましい。

【0051】なお、本願発明者の実験によると、波長 λ が308nmのXeClレーザー光、焦点距離が200mm、開口数NAが0.032のホモジナイザを用いたとき、収束レンズの焦点から光軸方向に ± 1 mm程度ずれても良好な多結晶化を行うことができた。このとき、レーザー光照射領域の線幅、及びエネルギー密度の変化量は $\pm 2\%$ 以下であった。

【0052】一般に、焦点深度は、 $\pm \kappa \times \lambda / NA^2$ で表される。この式に、 $\lambda = 308\text{nm}$ 、 $NA = 0.032$ を代入した結果が、実験により好適な範囲と考えられる $\pm 1\text{mm}$ となるようにするためには、 $\kappa = 3.3$ とすればよい。すなわち、半導体薄膜表面をホモジナイザの収束レンズの焦点を中心として、光軸方向に $\pm 3.3 \times \lambda / NA^2$ の範囲内に配置することが好ましい。

【0053】以上、アモルファスシリコン膜を多結晶化する場合を例に説明したが、上記実施例によるビームホモジナイザは、その他のアモルファス半導体薄膜を多結晶化する場合、または多結晶半導体薄膜の結晶性を改善する場合にも適用可能である。

【0054】以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0055】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ホモジナイズ面上における光照射領域の光強度分布の中央部が盛り上がり、裾野部分の面積の小さいレーザービームを得ることができる。このレーザービームを半導体薄膜に照射して結晶性を変化させると、半導体薄膜にレーザービーム照射の痕跡が残りにくい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例によるビームホモジナイザの概略断面図である。

【図2】図1に示すビームホモジナイザの1組のシリンドラレイの断面図、球面収差を示すグラフ、ホモジナイズ面上における光強度分布を示すグラフである。

【図3】球面収差のほとんどないレンズ系の一例を示す断面図、球面収差を示すグラフ、ホモジナイズ面上における光強度分布を示すグラフである。

【図4】負の球面収差を有するレンズ系の一例を示す断面図、球面収差を示すグラフ、ホモジナイズ面上における光強度分布を示すグラフである。

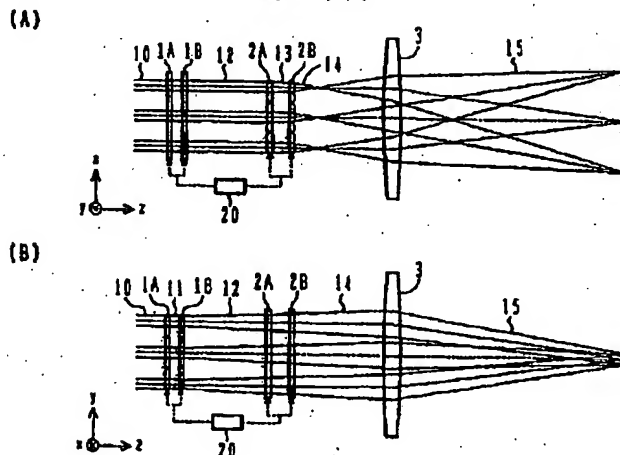
【図5】ホモジナイズ面上における光強度分布の例を示すグラフである。

【符号の説明】

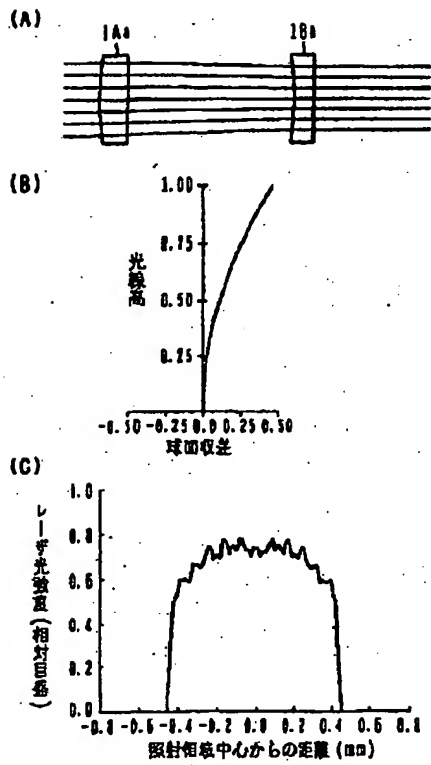
- 1A、1B、2A、2B シリンドラレイ
- 1Aa、1Ba、1Ab、1Bb、1Ac、1Bc シリンドリカルレンズ
- 3 収束レンズ
- 4 ホモジナイズ面
- 10、11、12、13、14、15 光線束
- 20 相対位置調節機構

【図1】

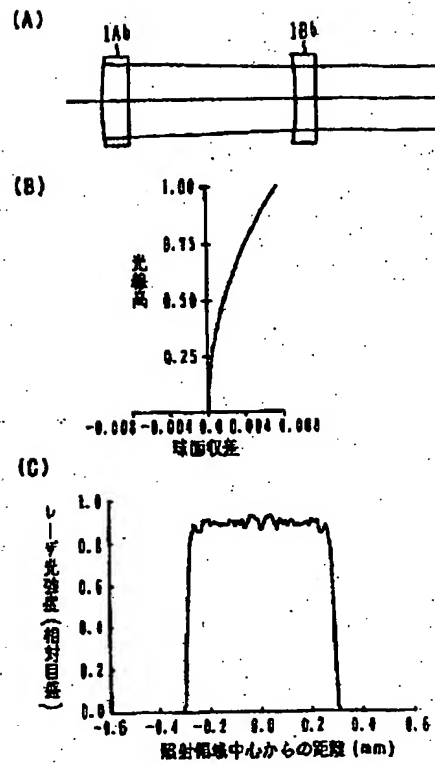
ビームホモジナイザ



【図2】



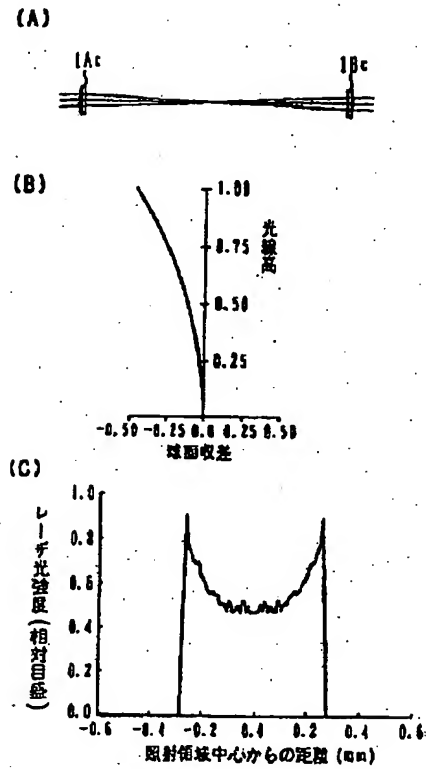
【図3】



(8)

特開平11-16851

【図4】



【図5】

光強度分布

